



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Übersetzung der  
europäischen Patentschrift

⑧⑦ EP 0 438 477 B1

⑩ DE 689 24 169 T 2

⑤① Int. Cl. 6:  
G 01 R 31/36

②① Deutsches Aktenzeichen:	689 24 169.0
⑧⑥ PCT-Aktenzeichen:	PCT/US89/04472
⑧⑥ Europäisches Aktenzeichen:	89 911 682.6
⑧⑦ PCT-Veröffentlichungs-Nr.:	WO 90/04188
⑧⑥ PCT-Anmeldetag:	5. 10. 89
⑧⑦ Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung:	19. 4. 90
⑧⑦ Erstveröffentlichung durch das EPA:	31. 7. 91
⑧⑦ Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA:	6. 9. 95
④⑦ Veröffentlichungstag im Patentblatt:	21. 3. 96

③⑩ Unionspriorität: ③② ③③ ③①

14.10.88 US 257913

⑦③ Patentinhaber:

AlliedSignal Inc., Morristown, N.J., US

⑦④ Vertreter:

Hoffmann, Eitle & Partner Patent- und  
Rechtsanwälte, 81925 München

⑧④ Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

⑦② Erfinder:

PALANISAMY, Thirumalai, Gounder, Morristown, NJ  
07960, US

⑤④ FAHRZEUGBATTERIE-BETRIEBSZUSTANDSMONITOR.

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

E 689 24 169 T 2

DE 689 24 169 T 2

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

### 1. Gebiet der Erfindung

Diese Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum automatischen Testen, Überwachen und Aufrechterhalten des Startsystems eines Motorfahrzeuges und insbesondere auf ein System, durch welches sowohl der Zustand der Speicherbatterie des Fahrzeuges als auch die Anlaufgrenze bei niedrigen Temperaturen, die Wartung und die Lebensdauer derselben überwacht werden kann.

### 2. Beschreibung des Standes der Technik

Systeme zum Bestimmen einer oder zwei solcher Batteriezustände, wie der Batteriekapazität, des Ladungszustandes, Defekten an der Batterie und des Ladesystems, der Wartungserfordernisse und der zeitlichen Angabe der Notwendigkeit des Ersatzes der Batterie oder des Wechselrichters und Reglers, wurden dazu entwickelt, um die Wartung eines verlässlichen und sicheren Motorfahrzeuges zu erleichtern. Die Bestimmung dieser Parameter von Hand aus ist teuer, zeitraubend und muß oft an Servicestationen durchgeführt werden. Mit der Einführung der Mikroprozessoren können die Batterieeigenschaften, die Anforderungen beim Start des Motors und die Betriebseigenschaften eines Fahrzeuges automatisch festgestellt werden, was eine optimale Leistung hinsichtlich der Lebensdauer und der Sicherheit der Fahrzeugbestandteile liefert.

Autobatterien liefern Energie für die (SLI-)Komponenten des Wagens zum Starten des Fahrzeuges, für die Beleuchtung und die Zündung. Von diesen benötigt der Startermotor die meiste Energie und ist der erste Bestandteil, der durch eine schwache SLI-Batterie beeinträchtigt wird. Das Erfordernis zu bestimmen, wann die Batterie am Rande des Verlustes ihrer Fähigkeit ist, die erforderliche Energie zu liefern, ist leicht ersichtlich. Eine solche Bestimmung wird durch einen geschickten Mechaniker während des Testens der Batterie und des Ladesystems in einer Garage erreicht oder mittels einer im Fahrzeug angeordneten Monitoreinrichtung. Das letztere ist insoferne vorteilhaft, als

es bequemer ist und einen zeitgerechten und unbeeinflussten Rat liefert.

Im allgemeinen gibt die Autobatterie während ein paar Sekunden der Startzeit wenige hundert Ampère an Strom ab, wobei die tatsächliche Ampèrezahl von der Kapazität der Batterie abhängt und von ihrem Ladungszustand sowie von der Konstruktion und der Größe des Automotors und des Startermotors. Die Batterie wird dann durch das Ladesystem des Fahrzeuges, das aus einem Alternator, einem Gleichrichter, einem Regulator, den Spannungs- und Stromreglern besteht, typischerweise innerhalb von mehreren Minuten wieder aufgeladen.

Mehrere Bedingungen im Zustande eines Bestandteiles können ein Startversagen eines Fahrzeuges hervorrufen. Diese sind: niedriger Ladungszustand der Batterie, Verlust der Kapazität der Batterie, korrodierte Anschlüsse, niedriger Elektrolytspiegel, defektes Ladesystem und defekter Startermotor. Ein Monitor für den Batteriezustand sollte so funktionieren, daß er diese Probleme automatisch aussortiert. Der Monitor sollte das Problem diagnostizieren, wenn es sich entwickelt, und den Benutzer im voraus vor einem drohenden Versagen warnen. Bisher geoffenbarte Batteriemonitore identifizierten jedoch nicht jedes der zuvor erwähnten Probleme; die meisten von ihnen versuchen bloß, den Ladungszustand der Batterie zu erfassen.

Batteriemonitore wiesen ursprünglich lediglich ein Ampèremeter und/oder ein Voltmeter auf, die am Armaturenbrett des Fahrzeuges angeordnet waren. Sie lieferten eine begrenzte Information einer Art, die nur kenntnisreichen Fahrern nützlich war. Um die Batterie testen zu lassen, wurde der Wagen in die Garage gestellt, die Batterie wurde durch einen erfahrenen Mechaniker vom elektrischen System des Fahrzeuges abgehängt und über eine bekannte Last entladen. Alternativ wurden Monitorinstrumente dazu benützt, unter Verwendung eines Wechselstromsignals die Parameter für den Batteriezustand abzuleiten, ohne die Batterie über eine Last zu entladen. Solche Monitorinstrumente erfordern, daß die Batterie vom elektrischen Kreis des Wagens abgehängt wird. Selbst dann aber liefern sie bloß eine Information über den Ladungszustand.

Herkömmlich wurde der Ladungszustand der Batterie durch Messung des spezifischen Gewichtes des Elektrolyten festgestellt. Diese Methode gründet sich auf die Tatsache, daß das spezifische Gewicht der Schwefelsäure als Elektrolyt abnimmt, wenn die Batterie entladen ist, und zunimmt, wenn die Batterie geladen ist. Normalerweise reicht das spezifische Gewicht des Batterieelektrolyten von etwa 1,28 - 1,30, wenn die Batterie voll aufgeladen ist. Eine solche Methode ist mühsam und vermag den Verlust der Batteriekapazität nicht im voraus vorherzusagen. Ferner werden derartige Probleme, wie korrodierte Anschlüsse, durch dieses Verfahren nicht festgestellt.

Eine alternative Methode zum Bestimmen des Ladungszustandes einer Batterie bringt das fortlaufende Zählen der in die und aus der Batterie gehenden Ladung mit sich. Diese Methode ist der Kumulierung von Fehlern wegen des durch Gasabgabe in der Batterie verbrauchten Stromes und wegen der aus der Korrosion der Elektrodenplatten sowie des Verlustes von aktivem Material hervorgehenden Veränderungen der Batteriekapazität unterworfen. Eine Vorrichtung dieser Art, welche einen Strom/Frequenz-Wandler anwendet, wird im US-Patent Nr. 4,678,999 von J.F. Schneider beschrieben.

Die maximale Energieabgabe einer Batterie wird durch ihre Spannung und die Innenimpedanz bestimmt. Im allgemeinen steigt die Innenimpedanz der Batterie mit der Lebensdauer der Batterie und mit der Abnahme ihres Ladungszustandes. Im US-Patent Nr. 4,678,998 von Muramatsu wird eine Vorrichtung beschrieben, die auf diesem Prinzip gegründet ist. Nach Muramatsu wird das Verhältnis zwischen der Batterieimpedanz, der verbleibenden Kapazität und der verbleibenden Lebensdauer bei verschiedenen Frequenzen vorherbestimmt und in einem Speicher abgespeichert. Um den Zustand der Batterie festzustellen, wertet ein Computer die Innenimpedanz bei ein paar Frequenzen aus und sucht die gespeicherte Tabelle vorherbestimmter Werte auf, um die verbleibende Lebensdauer der Batterie zu erhalten. Eine solche Vorrichtung ist dem Nachteil ausgesetzt, daß jede Batterie oder Batteriegruppe vor dem Einsatze Tests unterworfen werden muß, um die Tabelle vorherbestimmter Werte zu erzeugen.

Die US-A-4 665 370 beschreibt einen Batteriemonitor, bei dem ein Kurbelmotor die Last für die Batterie liefert und eine elektronische Vorrichtung jedesmal dann den Zustand der Batterie automatisch mißt, wenn der Motor gestartet wird. Der Batteriemonitor vergleicht die unbelastete Batteriespannung mit der Spannung unter Last und zeigt an, daß die Batterie schlecht ist, wenn die Spannungsdifferenz eine vorbestimmte Grenze übersteigt. Ein Nachteil dieser Vorrichtung ist ihre Unfähigkeit, zwischen einem niedrigen Ladungszustand der Batterie und einer voll aufgeladenen Batterie mit geringer Kapazität sowie zusätzlichen mangelhaften Zuständen der Batterie, wie korrodierten Anschlüssen oder niedrigem Elektrolytspiegel, zu unterscheiden.

Die DE-A-3712629 offenbart ein Ladesystem für ein Automobil mit einem von einem Motor mit innerer Verbrennung angetriebenen Alternator und einer vom Alternator aufgeladenen Batterie; mit einem Diagnosegerät für die Lebensdauer der Autobatterie mit einer Einrichtung zum Feststellen der Anschlußspannung der Batterie, einer Einrichtung zum Feststellen des Lade- und Entladestromes der Batterie, einer Einrichtung zum Feststellen des mit der Batterie korrelierenden Temperatursignales und einer Steuereinrichtung zum Verarbeiten der Eingangssignale von den Feststelleinrichtungen; welches folgendes aufweist:

eine Einrichtung zum Erhalt eines ursprünglichen Innenwiderstandes einer Batterie, basierend auf einer Batteriespannung und einem Lade- und Entladestrom vor und nach einem ersten Kurbeln im voll aufgeladenen Zustande der Batterie, wobei zumindest der ursprüngliche Innenwiderstand fest eingespeichert wird;

eine Einrichtung zum Erhalt eines zweiten Innenwiderstandes während des Gebrauches der Batterie, basierend auf einer Batteriespannung und einem Lade- und Entladestrom vor und nach dem Kurbeln, wobei der zweite Innenwiderstand temporär gespeichert wird;

eine Einrichtung zum Erhalt eines Widerstandsverhältnisses des ursprünglichen Innenwiderstandes und des zweiten Innenwiderstandes und eine Einrichtung für den Vergleich des Widerstandsverhältnisses mit einem Lebensdauerverhältnis der Batterie.

rie, welches den Lebensdauerzustand einer vorbestimmten Batterie zur Beurteilung des Lebensdauerzustandes der getesteten Batterie anzeigt; und

eine Einrichtung zum Anzeigen des Resultates.

Die vorliegende Erfindung liefert ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Überwachen der Speicherbatterie eines Fahrzeuges zum Bestimmen gewisser Zustände, einschließlich von Defekten und Eigenschaften, der Batterie. Allgemein festgestellt, weist die Vorrichtung eine am Fahrzeug angeordnete Mikroprozessor-Einrichtung zum Steuern der Vorgänge der Vorrichtung auf. Eine Software instruiert die Mikroprozessor-Einrichtung, die Abfolge von Vorgängen zu steuern. Mit der Mikroprozessor-Einrichtung sind Speichereinrichtungen verbunden, um die Instruktionen der Software und die vorbestimmten Verhältnisse zwischen den Innenwiderständen der Batterie, den tolerierbaren Grenzwert des Innenwiderstandes und die Umgebungstemperatur der Batterie zu speichern.

Eine Digital/Analog-Wandlereinrichtung ist mit der Mikroprozessor-Einrichtung verbunden, um die Digitalsignale aus der Mikroprozessor-Einrichtung in Analogsignale umzuwandeln. Die Digital/Analog-Wandlereinrichtung hat eine Generatoreinrichtung für Gleichstromenergie daran angeschlossen, um elektrische Energie mit der von der Mikroprozessor-Einrichtung benötigten Spannung und Stromstärke zu erzeugen. Eine mit einem Anschluß der Batterie verbundene Stromsensoreinrichtung mißt den in die und aus der Batterie gehenden Strom. Die Umgebungstemperatur der Batterie wird von einer Temperatursensoreinrichtung gemessen, die in enger Nähe daran angeordnet ist. Eine Spannungsmeßeinrichtung mißt die Spannungen der Batterie, am Stromsensor, Temperatursensor und an der Generatoreinrichtung für die Gleichstromenergie. Mit dem Spannungsmesser ist ein Analog/Digital-Wandler zum Umwandeln der Analogsignale von den Spannungsmessungen in Digitalsignale verbunden, die für die Übertragung an den Mikroprozessor bestimmt sind. Eine zweite Software analysiert den Strom, die Spannungen und die Temperatur und bestimmt den Innenwiderstand ( $I_R$ ) und den Polarisations-

widerstand ( $P_R$ ) der Batterie, bestimmt den Ladungszustand der Batterie in Funktion der Leerlaufspannung (OCV) unter Ausschluß von Polarisierungseffekten, stellt mögliche korrodierte Anschlüsse aus dem festgestellten Ladungszustand und dem Innenwiderstand (der nach der unten dargestellten Gleichung (2) berechnet wird) fest, und ermittelt mögliche niedrige Elektrolytspiegel in Funktion des Polarisationswiderstandes (der nach der unten dargestellten Gleichung (3) berechnet wird) und dem Ladungszustand, wodurch der Innenwiderstand der Batterie aus der momentanen Veränderung der Spannung am Beginn bzw. am Ende einer Stromzufuhr in oder einer Stromabfuhr aus der Batterie festgestellt wird, welche momentane Veränderung der Spannung durch das Einschalten oder Ausschalten des Ladestromes zur bzw. des Entladungsstromes aus der Batterie verursacht wird, und wobei der Polarisationswiderstand der Batterie aus der Veränderung der Spannung während eines vorbestimmten Zeitintervalles bestimmt wird, der der Veränderung der Spannung unmittelbar folgt. Diese zweite Software bestimmt auch einen Startgrenzwert bei niedriger Temperatur, indem sie die in Funktion des errechneten Innenwiderstandes bestimmte Fähigkeit der Batterie zur Energieabgabe mit den vorherrschenden Energieanforderungen des Komponentensystems des Fahrzeuges, einschließlich des Startsystems, vergleicht und dabei die Temperatur des Systems berücksichtigt. Die Vorrichtung besitzt eine Betätigungseinrichtung zum Steuern der elektrischen Kreise, die die Sensoren, die Generatoreinrichtung für die Gleichstromenergie und die Batterie miteinander verbinden. Eine vom Mikroprozessor gesteuerte Anzeigeeinrichtung zeigt den Zustand der Batterie und einen Rat-schlag an.

Überdies schafft die Erfindung ein Verfahren zum Überwachen der Speicherbatterie eines Fahrzeuges, welches die folgenden Schritte des Betriebes der oben definierten Vorrichtung umfaßt:

(a) fortlaufendes Messen der Umgebungstemperatur, der Batteriespannung, der Ausgangsspannung einer mit der Batterie verbundenen Energiequelle und des Stromes zur und aus der Batterie;

(b) Analysieren der Daten von Strom und Spannung (I-V), um den Innenwiderstand und den Polarisationswiderstand der Batterie festzustellen, wodurch der Innenwiderstand der Batterie aus der momentanen Veränderung der Spannung am Beginn bzw. am Ende einer Stromzufuhr in oder einer Stromabfuhr aus der Batterie festgestellt wird, welche momentane Veränderung der Spannung durch das Einschalten oder Ausschalten des Ladestromes zur bzw. des Entladungsstromes aus der Batterie verursacht wird, wobei der Polarisationswiderstand der Batterie aus der Veränderung der Spannung während eines vorbestimmten Zeitintervalles bestimmt wird, der der Veränderung der Spannung unmittelbar folgt;

(c) Bestimmen des Ladungszustandes der Batterie in Funktion der Leerlaufspannung unter Ausschluß von Polarisationsseffekten, Feststellen möglicher korrodierter Anschlüsse in Funktion des Ladungszustandes und des Innenwiderstandes (der nach der unten dargestellten Gleichung (2) berechnet wird), und Feststellen möglicher niedriger Elektrolytspiegel in Funktion des Polarisationswiderstandes (der nach der unten dargestellten Gleichung (3) berechnet wird) und dem Ladungszustand;

(d) Bestimmen eines Startgrenzwertes bei niedriger Temperatur durch Vergleich der in Funktion des ermittelten Innenwiderstandes bestimmten Fähigkeit der Batterie zur Energieabgabe mit den vorherrschenden Energieanforderungen des Komponentensystems des Fahrzeuges, einschließlich des Startsystems und unter Berücksichtigung der Temperatur des Systems; und

(e) Anzeigen der durch den Vergleich erzeugten Daten.

Eine Ausführungsform des durch die Erfindung geschaffenen Verfahrens zum Überwachen des Zustandes der und zum Liefern des Statusberichtes und eines Ratschlages betreffend die Speicherbatterie des Fahrzeuges umfaßt die folgenden Schritte:

(a) Unterwerfen der Batterie unter einen speziellen Testzyklus, bei dem der Batterie vom Ladesystem ein vorbestimmtes Profil des Stromes oder der Spannung aufgeprägt und die Ansprechspannung bzw. der Ansprechstrom der Batterie gemessen wird;



(b) Auswerten der Daten in Form von  $dV/dI$  über  $I$  oder  $dI/dV$  über  $V$ ;

(c) Bestimmen der Batterieeigenschaften einschließlich der Kapazität und der Spannung als Funktion der durch den Schritt (a) gelieferten Strom- und Spannungsdaten;

(d) Feststellen der Batteriedefekte, einschließlich einer Nichtübereinstimmung der Zellen in Funktion der entsprechenden Werte von Strom bzw. Spannung, bei dem bzw. der die Batterie beginnt, während des Tests von Schritt (a) Gas zu entwickeln, sowie weichgeschlossene Zellen oder sulfatierte Zellen jeweils in Funktion des aufgeprägten Stromes; und

(e) Anzeigen der Daten und des Ratschlages.

Ein Monitor für den Batteriezustand, der zur Anwendung des Verfahrens und der Vorrichtung dieser Erfindung hergestellt ist, vermag die gegenwärtige Batteriekapazität, den Ladungszustand und Fehlerzustände festzustellen. Wenn die Batterie nahe ihrem voll aufgeladenen Zustande ist, kann der Monitor den Alternator über eine Kupplung abschalten, wodurch die Gas/Kilometerleistung verbessert wird. Wenn sich der Ladungszustand unterhalb eines eingestellten Grenzwertes befindet oder die zugehörige Stromentnahme oberhalb eines voreingestellten Grenzwertes liegt oder die Umgebungstemperatur unterhalb eines voreingestellten Grenzwertes liegt, bleibt die Energiequelle in Betrieb.

Ein wesentliches Merkmal dieser Erfindung ist ihre Fähigkeit, den Startgrenzwert des Fahrzeuges bei niedriger Temperatur zusammen mit den vorliegenden Zuständen der Batterie anzuzeigen. Der Monitor gelangt zu einer Zahl für den Grenzwert bei niedriger Temperatur, indem er sowohl die Erfordernisse des Startermotors für den Fahrzeugmotor und die Fähigkeit der Batterie berücksichtigt, sie zu erfüllen.

Ein bedeutender Vorteil dieser Erfindung liegt darin, daß der Monitor einen unvoreingenommenen Ratschlag für den Benutzer betreffs der Entscheidung anzubieten vermag, ob die Batterie behalten oder ausgetauscht werden soll. Indem er die Werte des Innenwiderstandes und der Polarisierung auswertet, ist dieser Monitor dazu imstande, anzuzeigen, ob die Anschlüsse einer

Reinigung bedürfen oder die Batterie Wasser braucht. Beim Feststellen von Zuständen, wie dem Vorliegen (i) einer oder mehrerer schlechter Zellen (aufeinander nicht abgestimmte Zellen niedriger Kapazität oder weichgeschlossene Zellen) oder (ii) eines hohen Innenwiderstandes bei Fehlen anderer Mängel, zeigt der Monitor das Erfordernis eines Austausches der Batterie an.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Die Erfindung wird vollständiger verstanden, und weitere Vorteile werden ersichtlich, wenn nun auf die folgende detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung und die beigefügten Zeichnungen Bezug genommen wird, in denen:

Figur 1 ein Blockdiagramm ist, welches die erfindungsgemäße Monitorvorrichtung für den Batteriezustand zusammen mit anderen Bestandteilen eines Startsystems für ein Motorfahrzeug zeigt;

Figur 2 ein Flußdiagramm nach einem bevorzugten Ausführungsbeispiel dieser Erfindung ist;

Figur 3 ein schematisches Schaltbild zum Testen des Monitors für den Batteriezustand ist;

Figur 4 ein Diagramm ist, das die Strom-Spannungs-Charakteristiken einer Autobatterie während einer plötzlichen Entladung und einer unmittelbaren Wiederaufladung zeigt, welche gelegentlich des Anlassens eines Motorfahrzeuges auftreten;

Figur 5 ein Diagramm ist, das den Innenwiderstand der Batterie und den maximal zulässigen Grenzwert des Innenwiderstandes in Funktion der Temperatur für eine 525-CCA-Batterie wiedergibt;

Figur 6 ein Diagramm ist, das die Temperaturabhängigkeit der Batterieanforderungen und der Batterieleistung relativ zu ihren entsprechenden Werten bei Raumtemperatur (26,6°C) veranschaulicht;

Figur 7 ein Blockdiagramm ist, welches das Verfahren zum Bestimmen des Gaspunktes durch ein Stromsteigerungsverfahren zeigt; und

Figur 8 ein Diagramm ist, das die Batteriekapazität über dem Strom darstellt, bei dem die Batterie beginnt, Gas zu entwickeln.

#### BESCHREIBUNG DES BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELES

Bezugnehmend auf die Zeichnungen, ist in Figur 1 ein Blockdiagramm des Monitors für den Batteriezustand nach dieser Erfindung zusammen mit einigen der anderen Bestandteile des Startsystems für ein Motorfahrzeug dargestellt. Ein am Fahrzeug angeordneter Mikroprozessor 100 zum Steuern der Betriebsweisen der Vorrichtung besitzt einen ROM- und einen RAM-Speicher zum Speichern der Software, das den Mikroprozessor über den Ablauf der Betriebsweisen instruiert. Der Speicher speichert auch die vorbestimmten Verhältnisse und Daten betreffend die Batterie und das Startsystem des Fahrzeuges. Der Mikroprozessor ist auch an einen Digital/Analog-Wandler 102 angeschlossen, der die Digitalsignale 104 in Analogsignale umwandelt und das Analogsignal an den Alternator/Regler 106 überträgt. Der Alternator/Regler ist über einen den Strom abführenden Nebenschluß 110 mit der Batterie 108 und mit einem Voltmeter 112 verbunden. Der Alternator/Regler ist über Leitungen 114 auch an andere Bestandteile des Fahrzeuges angeschlossen. Ein programmierter Strom 116 oder eine programmierte Spannung wird der Batterie durch den Alternator/Regler geliefert. Die Ansprechspannung 118 bzw. der Strom der Batterie wird vom Voltmeter gemessen, das über die Leitungen 120 auch mit anderen Bestandteilen des Fahrzeuges, einschließlich des Temperatursensors, verbunden ist. Ein an das Voltmeter angeschlossener Analog/Digital-Wandler 122 wandelt die analogen Messungen in Digitalsignale 124 um und überträgt das Digitalsignal 124 an den Mikroprozessor, der über die Leitungen 126 auch mit anderen Bestandteilen des Fahrzeuges verbunden ist. Das Zubehör und der Startermotor, die parallel zur Batterie und dem Alternator/Regler geschaltet sind, werden in Figur 3 gezeigt.

Das in Figur 2 veranschaulichte Flußdiagramm zeigt die aufeinanderfolgenden Vorgangsweisen des Monitors für den Batteriezustand. Wie dargestellt ist, bezieht sich das Flußdiagramm

auf die Testvorrichtung und den Testkreis der Figur 3 und wird durch einen Mikrocomputer für mehrere Benutzer gesteuert. Für die kommerzielle, in ein Autofahrzeug einzubauende Vorrichtung können die Schritte 2, 21 und 22 ausgelassen werden, ohne die Betriebsweisen des Batteriemonitors zu beeinträchtigen; der Mikroprozessor wird den Schritt 3 an Stelle von Schritt 21 ausführen und somit einen fortlaufenden Kreis für den Ablauf der Betriebsweisen bilden.

Im Schritt 1 werden alle Variablen initialisiert. Dieser Schritt wird lediglich einmal ausgeführt, wenn die Vorrichtung im Wagen eingebaut wird. Der Monitor liest dann im Schritt 2 die Werte aller Variablen aus, die typischerweise die Charakteristiken des Wagens und der Batterie darstellen. Dieser Schritt ist dem Schritte 21 äquivalent. Es versteht sich für die mit der Technik Vertrauten, daß der Schritt 2 bei der handelsüblichen Vorrichtung nicht erforderlich ist, weil sie einen entsprechend gewidmeten Mikroprozessor mit einem fortlaufenden Kreis des Ablaufes der Betriebsweisen besitzen wird. Im Schritte 3 mißt der Monitor die Umgebungstemperatur ( $T$ ), die Batteriespannung ( $V$ ), die Spannung ( $V_g$ ) der Energiequelle, den Strom ( $I$ ) unter Verwendung des Nebenschlusses oder einer anderen Stromsensoreinrichtung und die Echtzeit ( $t$ ). Die Energiequelle in dem in Figur 3 veranschaulichten Testkreis ist ein Energielieferant mit Spannungs- und Strommessungen, die gleich der Ausgangsspannung und dem Ausgangsstrom eines Alternator/Reglers des Autos sind. Hiernach wird auf die Kombination von Alternator, Gleichrichter, Spannungs- und Stromregler als die "Energiequelle" Bezug genommen.

Im Schritte 4 wird der Ladungszustand der Batterie unter Anwendung der Ladungsintegrationstechnik und der Leerlaufspannung (OCV) auf den letzten Stand gebracht. Die erstere, auf der OCV zum Bestimmen des Ladungszustandes (SOC) basierende Methode macht von der Tatsache Gebrauch, daß die Leerlaufspannung einer voll aufgeladenen Blei-Säure-Zelle sich um 0,2V höher erweist als die OCV einer vollkommen entladenen Zelle. Die Zellenspannung variiert zwischen diesen Extremen linear. Wenn kein Strom in die oder aus der Batterie fließt, so wird die Spannung einer

Batterie normalerweise als die Leerlaufspannung bezeichnet. Da die Autobatterie normalerweise sechs Zellen besitzt und eine voll aufgeladene Batterie 12,7 V oder mehr hat, kann der Ladungszustand, wie folgt, errechnet werden:

$$\text{SOC} = 100 - (((12,7 - \text{OCV}) / 1,2) * 100) \% \quad (1)$$

Die bei dieser Berechnung verwendete Zellenspannung sollte von Polarisation frei sein. Die Polarisation ergibt sich normalerweise aus der Ungleichmäßigkeit der Elektrolytkonzentration an oder nahe den Elektroden im Vergleich zur Elektrolytkonzentration in der Masse. Die bis zu mehreren Minuten nach einem Laden oder Entladen gemessene Spannung enthält unvermeidbar eine bedeutende Polarisationsspannung, selbst wenn kein wesentlicher Strom aus oder zu der Batterie fließt.

Das zweite Verfahren bringt eine Integration des Stromes mit sich, der jederzeit in die und aus der Batterie geht. Der Monitor beginnt damit, die Ladung von einem vorbestimmten Ladungszustand der Batterie aus zu zählen. Die von der Energiequelle in die Batterie gesteckte Gesamtladung wird zur gespeicherten Ladung der Batterie hinzugezählt, die tatsächlich die Batteriekapazität ist, mit der begonnen wird. In ähnlicher Weise wird die während des Anlassens und durch die Zubehörteile aus der Batterie entnommene Ladung von der gespeicherten Ladung abgezogen. Diese Nettoladung, geteilt durch die Batteriekapazität, ergibt den Ladungszustand der Batterie. Jedesmal, wenn der Monitor feststellt, daß die Batterie voll aufgeladen ist, setzt er den Ladungszustand auf 100%. Der voll aufgeladene Zustand der Batterie wird daran erkannt, daß die Leerlaufspannung der Batterie oberhalb eines vorbestimmten Wertes liegt, vorzugsweise von 12,7 V. Der voll aufgeladene Zustand der Batterie wird auch durch den Testzyklus für die Batterie erkannt. Der nur durch die Ladungsintegrationsmethode bestimmte Ladungszustand wird auf Grund der Gasbildung in der Batterie und der sich aus der Korrosion der Elektrodenplatten und dem Verlust von aktivem Material ergebenden Veränderung der Batteriekapazität einen Fehler aufweisen. Deshalb benützt der Monitor diese Ladungs-

tegrationsmethode vom Momente des Startens des Wagens bis zum Ablaufe eines voreingestellten zeitlichen Grenzwertes, vorzugsweise von zwei Stunden, von demjenigen Zeitpunkte an, in dem der Fahrzeugmotor abgestellt ist. Wie der erfahrene Praktiker in der Technik bemerken wird, liefert die Kombination der beiden oben beschriebenen Methoden einen genauen Wert des Ladungszustandes der Autobatterie.

Im Schritte 5 wird der Zustand des Fahrzeuges bestimmt. Falls sich das Fahrzeug im Anlaßprozeß befindet, folgt der Monitor dem Pfad, der im Zweige A mit dem Schritte 6 beginnt. Andernfalls wird der Zweig B, beginnend mit Schritt 13, verfolgt, wenn der Fahrzeugmotor läuft, und die Route C mit dem Schritt 19 wird dann verfolgt, wenn der Fahrzeugmotor abgestellt ist.

In der Route A mißt der Monitor wiederholt die Parameter  $V$ ,  $I$  und  $t$  in den Schritten 7 und 8, bis der Fahrzeugmotor gestartet hat oder der Fahrer den Ankurbelungsprozeß abgebrochen hat. Der Monitor vermag den Stand des Anlaßvorganges aus dem Vorzeichen und dem Werte des Stromes  $I$  zu erkennen. Praktiker der Technik werden wissen, daß der Startvorgang auf mehrere andere Arten identifiziert werden kann, beispielsweise am Startschalter. Wenn der Fahrzeugmotor gestartet hat, setzt der Monitor beim Schritt 9 fort; andernfalls wird die Kontrolle wieder auf Schritt 3 übertragen. Im Schritt 9 mißt der Monitor während eines vorbestimmten Zeitraumes, vorzugsweise von 5-10 Minuten, den Strom der Wiederaufladung, die Batteriespannung und die Spannung der Energiequelle. Falls der Fahrzeugmotor in der Zwischenzeit abgeschaltet wurde, geht der Monitor zu Schritt 3. Bei Schritt 10 bestimmt der Monitor unter Benutzung der Messungen während des Startvorganges den Innenwiderstand ( $IR$ ) und die Polarisation ( $P_R$ ).

Gemäß dieser Erfindung kann der Innenwiderstand einer SLI-Batterie aus der momentanen Spannungsänderung am Beginn und am Ende einer Stromzufuhr in oder einer Stromabfuhr aus der Batterie festgestellt werden. Die erfahrenen Praktiker der Technik werden erkennen, daß es zahlreiche Wege gibt, dies zu erreichen, beispielsweise unter Verwendung irgendeines Zubehöriteiles für den Strom eines Entladungsimpulses oder der Energiequelle

des Wagens für den Strom eines Ladeimpulses. Erfindungsgemäß wird der Innenwiderstand der Autobatterie aus ihrer Leerlaufspannung (OCV), der ersten gemessenen Spannung ( $V_S$ ) und dem Anfangsstrom ( $I_S$ ) bestimmt, der während des Startvorganges von der Batterie zur Starterlast fließt, wie es in Figur 4 veranschaulicht ist und gemäß der Gleichung 2:

$$IR = (OCV - V_S) / I_S \quad (2)$$

Die maximale momentane Energie, die die Autobatterie abzugeben vermag, steht in einem umgekehrten Verhältnis zu ihrem Innenwiderstand. Somit wird die Fähigkeit zur Energieabgabe der Batterie nach dieser Erfindung aus dem Innenwiderstand bestimmt.

Der Polarisationswiderstand ( $P_R$ ) der Batterie ergibt sich aus der Ungleichmäßigkeit der Elektrolytkonzentration an der Elektrode zur Masse des Elektrolyten zwischen den Platten. Er wird aus den obigen Parametern  $V_S$  und  $I_S$  sowie der Batteriespannung nach einem vorbestimmten Zeitraum oder der letzten Spannungsablesung ( $V_1$ ) während des Startvorganges gemäß folgender Gleichung bestimmt:

$$P_R = (V_S - V_1) / I_S \quad (3)$$

Es ist zu erkennen, daß der Innenwiderstand und die Polarisation so oft bestimmt werden kann, als gewünscht wird, indem man das Anlassen oder das Abstellen des Motors des Wagens ausnützt oder das Ein- oder Ausschalten irgendeines Zubehöorteiles im Automobil.

Einer der wichtigen Aspekte der Erfindung ist ihre Fähigkeit, den Grenzwert derjenigen niedrigen Temperatur vorauszusagen, bis zu welchem die Batterie dazu imstande ist, den Wagen zu starten. Die Temperaturabhängigkeit der Anforderungen an die Startenergie eines Automobils und die Temperaturabhängigkeit der Fähigkeit zur Energieabgabe der Batterie entsprechend empfohlener Größe sind in Figur 5 in Begriffen des Innenwiderstandes (IR) der Batterie veranschaulicht. Der IR ist umgekehrt proportional der maximalen Ausgangsenergie der Batterie. Aus

Figur 5 ist klar, daß die Batterie im Bereiche hoher Temperaturen des normalen Gebrauchstemperaturbereiches die erforderliche Startenergie leicht aufbringen kann. So wie die Umgebungstemperatur abfällt, beispielsweise im Winter, fällt auch die Ausgangsenergie der Batterie, und die erforderliche Startenergie steigt. Gemäß dieser Erfindung kann der Wagen unterhalb derjenigen Temperatur nicht gestartet werden, wo diese beiden Kurven einander schneiden.

Wie man gemäß dieser Erfindung herausgefunden hat, kann die Abhängigkeit der Energieanforderungen verschiedener Wagen und der entsprechenden Energieabgabe der empfohlenen Batterie durch die in Figur 6 veranschaulichten Kurven verallgemeinert und beschrieben werden. Bei einer Temperatur rund um  $-30^{\circ}\text{C}$  beträgt die Fähigkeit der Batterie zur Energieabgabe nur die Hälfte jener bei  $27^{\circ}\text{C}$ , wogegen die erforderliche Energie zum Starten des Wagens bei dieser niedrigen Temperatur das Zweifache der bei  $27^{\circ}\text{C}$  notwendigen Energie ausmacht.

Als nächstes berechnet dann der Monitor im Schritte 10 den Innenwiderstand der Batterie bei anderen Temperaturen, indem er den im Schritte 10 festgestellten IR, die im Schritt 3 gemessene Temperatur und das Verhältnis in Kurve B der Figur 6 benutzt. In ähnlicher Weise werden die zulässigen Grenzwerte von IR bei verschiedenen Temperaturen unter Verwendung der Daten in der Kurve A der Figur 6 errechnet, falls ein zulässiger IR-Grenzwert für irgendeine Temperatur bekannt ist. Dieser zulässige IR-Grenzwert wird aus den Energieanforderungen der Last des Startermotors errechnet, die ihrerseits von der Größe und dem Modell des Fahrzeugmotors abhängen. Diese Energiedaten können vom Hersteller des Automobiles für eine oder mehrere Temperaturen erhalten werden. Alternativ kann der Monitor diese Daten im Schritte 11 aus seiner Erfahrung während der ersten Woche seines Betriebes ermitteln. Beispielsweise kann der Monitor die Umgebungstemperatur (Schritt 3) sowie den von der Batterie während des Startvorganges für die ersten paar Anzahlen von Starts gelieferten Strom messen und den zulässigen IR-Grenzwert in jedem Falle bei einer speziellen voreingestellten Temperatur, beispielsweise von  $27^{\circ}\text{C}$ , unter Verwendung der Kurve A in



Figur 6 ermitteln. Der Monitor nimmt dann den Durchschnitt dieser Werte als Anforderung beim Anlassen des Motors bei dieser voreingestellten Temperatur. Indem er diese zwei Datensätze in relativen Begriffen benutzt, d.h. als Prozentsatz aus den in der Figur 6 veranschaulichten Kurven A und B, berechnet der Monitor die absoluten Daten, wie in Figur 5. Der Monitor ermittelt sodann die Temperatur, bei welcher die beiden Kurven in Figur 5 einander schneiden. Dies stellt diejenige Temperatur dar, bei der die Fähigkeit der Batterie zur Energieabgabe mit den Energieanforderungen des Startermotors übereinstimmt.

Alle Autobatterien sind in demjenigen Maße dimensioniert, das im Handel als Kaltkurbelampère (CCA) bekannt ist. Gemäß dieser Erfindung scheint der zulässige Grenzwert für den Innenwiderstand (in Milliohm) bei Raumtemperatur, 27°C, multipliziert mit der bemessenen CCA (in Ampère), rund um 37 800, konstant zu sein. Dies gilt für alle Fahrzeuge, die ein 6-zelliges Blei-Säure-Batteriesystem von 12 Volt benutzen. Daher wird der Grenzwert für IR, wie folgt, erhalten:

$$\text{Grenzwert für IR} = (37\ 800 / \text{CCA}) \quad (4)$$

Praktiker der Technik werden erkennen, daß diese konstante Zahl für unterschiedliche Temperaturen verschieden wäre, und daß jede besondere Temperatur verwendet werden kann.

Als nächstes werden im Schritte 12 unter Benutzung der während des Startes und des Wiederaufladens der Batterie unmittelbar nach dem Start gesammelten Daten verschiedene Diagnosen gestellt. Diese umfassen die Wartungserfordernisse, beispielsweise das Reinigen der Anschlüsse und die Zugabe von Wasser. Eine bevorzugte Version des Monitors erkennt die Wartungserfordernisse, so wie sie entstehen, und berät den Fahrer dementsprechend. Obwohl die Batterie im Leerlauf ist, verändert sich, bald nachdem eine Batterie, wie eine Blei-Säure-Batterie, ent- oder geladen ist, die Spannung an den Batterieanschlüssen auf Grund der Ungleichmäßigkeit der Elektrolytkonzentration in den Poren der Elektroden und der Masse, was normalerweise als Konzentrationspolarisation bekannt ist. Gemäß dieser Erfindung

steigt die Polarisierung, wie sie in Gleichung 3 definiert ist, in dem Maße, in dem der Elektrolytspiegel sinkt. Die Polarisierung ist jedoch ebenfalls groß, wenn der Ladungszustand niedrig ist, obwohl der Elektrolytspiegel entspricht. Der Monitor unterscheidet zwischen diesen beiden Zuständen durch Überprüfung des früher im Schritte 4 bestimmten Ladungszustandes.

Mit der extensiven Verwendung wartungsfreier Batterien in jüngster Zeit wurde das Reinigen korrodierter Anschlußklemmen zum üblichsten Wartungsproblem für die Autobatterie. Wenn die Batterieanschlüsse mit der Zeit korrodieren, verursachen die sich ergebenden Bleiverbindungen (Oxyde und Sulfate) an den Anschlüssen einen wesentlichen Anstieg des Widerstandes an der Verbindung von Anschlußklemme zum Kabel. Der hohe Widerstand führt zu einem großen Spannungsabfall, der die dem Startermotor zur Verfügung stehende Energie verringert. Dies führt oft zur Unmöglichkeit, den Wagen zu starten. Die bevorzugte Version dieser Erfindung vermag dieses Problem festzustellen, sobald es auftritt, und den Benutzer im voraus zu warnen. Die Sensordrähte für die positive und die negative Batteriespannung sind mit den positiven bzw. negativen Leitungskabeln der Batterie nahe dem Ende der die Batterieanschlüsse verbindenden Kabel verschmolzen. Daher umfaßt der vom Monitor ermittelte Innenwiderstand jeglichen Widerstand vom positiven Leitungskabelende bis zum negativen Leitungskabelende, einschließlich des Kontaktwiderstandes zwischen den Kabeln und den Batterieanschlüssen. Der Innenwiderstand der Batterie verbleibt innerhalb eines engen Bereiches, so lange der Ladungszustand über 70% beträgt und die Batterie nicht wesentlich an Kapazität verloren hat. Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel dieses Monitors rät dem Fahrer, die Anschlüsse zu reinigen, wenn der festgestellte Innenwiderstand größer als ein vorbestimmter Wert ist, beispielsweise mehr als zweimal der ursprüngliche Innenwiderstand der Batterie bei einer voreingestellten Temperatur.

Ein Hauptziel dieser Erfindung ist es, den Fahrer auf die Notwendigkeit des Austausches der Batterie hinzuweisen, bevor sie in einem solchen Ausmaße schwach wird, daß sie die benötigte Energie nicht zu liefern vermag. Alle Batterien, beispiels-

weise die Blei-Säure-Batterien für Autos, verlieren auf Grund des Verlustes an aktivem Material und einer irreversiblen Veränderung und einer Nicht-Wiederaufladbarkeit eines Teiles des aktiven Materiales mit dem Alter an Kapazität. Dies widerspiegelt sich in ihrem Innenwiderstand, der dementsprechend mit dem Alter ansteigt. Wenn es einen größeren als einen voreingestellten Grenzwert des Innenwiderstandes der Batterie, einen niedrigeren als einen voreingestellten Prozentsatz der ursprünglichen Kapazität und einen höheren Ladungszustand als 80% identifiziert, gibt ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel dieser Erfindung dem Benutzer den Rat, die Batterie auszuwechseln. Der Monitor gibt auch den Rat, die Batterie zu wechseln, wenn er eine weichgeschlossene Zelle oder eine Fehlübereinstimmung der Zellenkapazität feststellt. Die Vorgangsweise, wie er diese Situationen feststellt, wird in den nächsten Schritten klar.

Nach dem Schritt 12 wird die Kontrolle sequentiell auf Schritt 21 übertragen, in dem alle Parameter und alle variablen Werte im Speicher abgespeichert werden sowie auf die Schritte 22, 1, 2 und 3. Bei einer handelsüblichen Vorrichtung wird die Kontrolle auf Grund des fortlaufenden Betriebskreises vom Schritt 12 auf den Schritt 3 übertragen. Nach dem Durchlauf durch die Schritte 4 und 5 wird der Route B gefolgt, wenn der Fahrzeugmotor läuft.

Eine bevorzugte Ausführungsform dieser Erfindung vermag es auch, Energie zu sparen, indem sie ein Steuerausgangssignal liefert, um den Alternator ein- bzw. auszuschalten, je nach dem Zustande der Batterie und den Betriebszuständen des Fahrzeuges. Typischerweise wird die Batterie zwischen einem voreingestellten unteren Grenzwert, beispielsweise 80%, und einem Ladungszustand (SOC) von 100% gehalten. Der Alternator kann vom Antrieb durch eine Kupplung abgehängt bzw. entkoppelt werden, oder es kann der Feldstrom abgeschaltet werden, wann immer die Batterie 100% SOC erreicht. Solange der SOC nicht auf einen voreingestellten unteren Grenzwert fällt, z.B. von 80%, wird die Batterie alle Energieanforderungen des Wagens erfüllen. Am unteren Grenzwert des SOC wird der Alternator wiederum in Betrieb gesetzt, bis die Batterie voll aufgeladen ist, d.h. SOC=100%.

Wenn jedoch das Energieerfordernis im Wagen einen voreingestellten Grenzwert übersteigt oder die Umgebungstemperatur unterhalb eines voreingestellten Grenzwertes liegt, wird der Alternator im eingeschalteten Betriebszustand verbleiben, selbst wenn der SOC oberhalb des voreingestellten Grenzwertes liegt. Diese Situation kann eintreten, wenn der Wagen zur Nacht oder im Winter gefahren wird, und auch wenn die Klimaanlage eingeschaltet ist. In ähnlicher Weise wird der Alternator jedesmal dann in Betrieb sein, wenn der Wagen gestartet wird, bis die Batterie voll aufgeladen ist. Typischerweise kann dies fünf bis zehn Minuten nach dem Anlassen des Wagens dauern. Von der Steuerung des Alternators wird erwartet, daß sie zu einer langen Lebensdauer der Batterie führt, da die ständigen schweren Aufladezustände und die von der Batterie durchgemachte Gasbildung während eines Überladens praktisch ausgeschaltet werden.

Als nächstes überprüft der Monitor im Schritt 14, ob das Einschalten des Alternators nach den im vorherigen Absatze erörterten Kriterien notwendig ist. Falls er eingeschaltet sein soll, wird der Route B-1, beginnend mit Schritt 15, gefolgt; andernfalls wird der Route B-2 mit dem Schritte 18 gefolgt. Im Schritt 15 wird der Alternator eingeschaltet oder eingeschaltet gehalten, falls er schon eingeschaltet ist. Im Schritt 16 stellt der Monitor fest, ob der Fahrer die Notwendigkeit eines Testzyklus angezeigt hat. Im nächsten Schritt (17) wird ein räumlicher Testzyklus für die Batterie durchgeführt, wenn es der Fahrer wünscht. Der Fahrzeugmotor sollte ständig laufen und sollte auf der oder oberhalb der minimalen Geschwindigkeit in Umdrehungen pro Minute (RPM) bleiben, so daß man wenigstens ein paar Minuten lang eine voreingestellte minimale Ausgangsenergie aus der Energiequelle, d.h. aus dem Alternator/Regler, erhält, um in der Lage zu sein, den Testzyklus erfolgreich zu beenden. Typischerweise erfolgt dies beim Fahren auf der Landstraße oder auf der Autobahn, außer die Ausgangsenergie aus der Energiequelle ist selbst bei Leerlaufgeschwindigkeit des Fahrzeugmotors hoch genug. Andernfalls wird der Testzyklus abgebrochen. Bei einer bevorzugten Ausführungsform dieser Erfindung drückt der Fahrer einen Knopf oder eine andere Einrichtung, um die

Wünschbarkeit dieses Tests anzuzeigen. Der Monitor lädt dann die Batterie auf 100% SOC, isoliert die Batterie über einen voreingestellten Zeitraum und führt den Test durch.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung bringt der Testzyklus die Aufprägung eines linear ansteigenden Stromes oder einer Spannungsrampe auf die Batterieanschlüsse mit sich, und das Messen des entsprechenden Spannungs- und Stromansprechens der Batterie, wie dies in Figur 7 gezeigt ist. Typischerweise besteht das Stromsignal innerhalb eines voreingestellten Zeitraumes aus einer ansteigenden Rampe von 0A bis zu einem voreingestellten Grenzwert, und aus einer abnehmenden Rampe von diesem voreingestellten Wert bis auf 0A im gleichen voreingestellten Zeitraum. Beispielsweise kann der Strom in 60 Sekunden von 0 bis 20A gesteigert, 5 Sekunden lang auf diesem Wert gehalten und innerhalb von 60 Sekunden von 20 auf 0 A verringert werden. Fachleuten der Technik wird klar sein, daß die Stromabgabe der Energiequelle vom Monitor fortlaufend derart eingestellt wird, daß der erforderliche Strom für den Batterietest in jedem Momente während des Tests zur Verfügung steht. Wenn die Spannungsrampe angewandt wird, so besteht das Signal aus einer innerhalb eines voreingestellten Zeitraumes ansteigenden Rampe von der Leerlaufspannung (OCV) bis zu einer Endspannung, die um einen voreingestellten Grenzwert höher als die OCV ist, also beispielsweise um 3 V höher als die OCV ist, und von diesem Werte bis zur OCV innerhalb desselben voreingestellten Zeitraumes absinkt. Sowohl beim Verfahren mit der Stromrampe als auch bei dem mit der Spannungsrampe kehrt das ansteigende Signal zum Halteabschnitt zurück, bevor der voreingestellte zeitliche Grenzwert überschritten ist, wann immer ein voreingestellter Spannungsgrenzwert, z.B. 2,6 V/Zelle, erreicht wird. Das Vorliegen eines Maximums bei  $dV/dI$  über  $I_{\text{ramp}}$  oder eines Minimums bei  $dI/dV$  über  $V_{\text{ramp}}$  zeigt den Gaspunkt an. Von der Spannung am Gaspunkt wird die Anzahl der Zellen (NOC) unter Benutzung der folgenden Formel errechnet:

$$\text{NOC} = V_{\text{gas}}/2,5$$

(5)

Bei einer Autobatterie wäre diese normalerweise 6. Jede andere Zahl zeigt eine defekte Batterie an. Der Strom, bei dem der Gaspunkt bei aufsteigender Rampenrichtung auftritt,  $I_{\text{gas-up}}$ , ist proportional der Batteriekapazität, wie in Figur 8 gezeigt wird. Der Strom, bei dem der Gaspunkt bei absteigender Rampenrichtung auftritt,  $I_{\text{gas-down}}$ , erreicht den tiefstmöglichen Wert, typischerweise rund um 0,8 A, wenn die Batterie voll aufgeladen ist. Somit kann der Ladungszustand aus den Parametern von  $I_{\text{gas-down}}$  bestimmt werden.

Batterien mit nicht aufeinander abgestimmten Zellen geben zu zwei oder mehreren Gaspunkten in Aufwärts- und Abwärtsrichtung der Rampe Anlaß. Weichgeschaltete Zellen zeigen bei sehr frühen Stufen der Rampe eine Wende in  $dV/dI$ . Das Vorliegen sulfatierter Zellen gibt zu einer Wende in Aufwärtsrichtung der Rampe Anlaß, aber zu keiner entsprechenden Wende in Abwärtsrichtung der Rampe. Der Monitor für den Batteriezustand kann somit mehrere Batteriedefekte feststellen, was selbst bei erfahrenen Mechanikern nicht der Fall ist.

Manchmal gibt es frühzeitig Anzeichen eines bevorstehenden Batterieausfalles. Nahe dem Ende ihrer nützlichen Lebensdauer beginnen einige Zellen in der Batterie, besonders die am Ende liegenden, mit unterschiedlicher Geschwindigkeit ihre Kapazität zu verlieren. Dies führt zu mehrfachen Gaspunkten, wie durch das Vorliegen einer Mehrzahl von Wendungen in  $dV/dI$  während des Testzyklus sowohl in Aufwärts- als auch in Abwärtsrichtung der Rampe angezeigt wird, was auf das Vorliegen nicht aufeinander abgestimmter Zellen hindeutet. Wenn der Monitor nicht übereinstimmende Zellen feststellt, deren Kapazitäten um mehr als einen voreingestellten Grenzwert voneinander abweichen, oder wenn er das Vorliegen eines Weichschlusses in der Autobatterie feststellt, so warnt der Monitor den Anwender vor der Notwendigkeit, die Batterie auszutauschen.

In Route B-2 schaltet der Monitor bei Schritt 18 ab oder entkuppelt den Alternator oder hält ihn abgeschaltet, wenn er schon abgeschaltet ist. Nach dem Schritte 18 in Route B-2 und auch nach dem Schritte 17 in Route B-1 wird die Steuerung an Schritt 3 auf ähnliche Weise abgegeben wie bei der Übergabe der

Steuerung an den Schritt 3 nach dem Schritt 12 in Route A. Wenn der Monitor im Schritte 5 feststellt, daß der Motor des Wagens abgestellt ist, dann folgt er der Route C. Auf dieser Route überprüft er im Schritte 20 den Entladungsstrom aus der Batterie. Wenn der von der Batterie abgegebene Strom höher als ein voreingestellter Grenzwert ist, wenn also beispielsweise das Kabinenlicht oder der Scheinwerfer oder das Standlicht eingeschaltet ist, so warnt der Monitor den Benutzer vor dem übermäßigen Leckstrom. Wenn die Stromentnahme aus der Batterie größer als ein voreingestellter Grenzwert ist und die Zubehöerteile alle abgeschaltet sind, so warnt der Monitor vor dem Vorliegen eines Kurzschlusses im elektrischen Stromkreis des Automobils. Der Monitor zeigt bei Feststellung einer niedrigeren Leerlaufspannung der Batterie als ein voreingestellter Grenzwert auch das Vorliegen eines Weichschlusses in einer der Zellen der Batterie an, wenn der Motor des Wagens abgestellt ist und kein übermäßiger Stromabfluß durch die Zubehöerteile hindurch vorliegt. Dann schlägt der Monitor einen sofortigen Austausch der Batterie vor.

Figur 3 ist ein grundlegendes Blockschema einer Vorrichtung, die dazu imstande ist, das Verfahren nach dieser Erfindung durchzuführen. Es wird sich für Fachleute in der Technik verstehen, daß der tatsächliche elektrische Kreis des Automobils komplizierter als der in Figur 8 gezeigte Kreis ist und zusätzliche Zubehöerteile und Sensoren eingebaut enthält und einige Betätigungsorgane und Nebenschlüsse auslassen kann; nichtsdestoweniger kann der Autoschaltkreis auf diese Form reduziert werden. Die Batterie (1), ein Nebenschluß (6) zum Abfühlen des Stromes, ein vom Mikroprozessor gesteuerter Startschalter (8) und ein die Last (2) des Startermotors darstellender Widerstand bildet den Startkreis. Ein die Last (3) der Zubehöerteile, wie der Beleuchtung, der Zündung, der Klimaanlage und anderer Vorrichtungen im Wagen, bildender Widerstand stellt die Zubehöerteile dar. Diese in Reihe mit einem vom Mikroprozessor gesteuerten Schalter (10) und einem Nebenschluß (7) zum Abfühlen des Stromes liegende Last könnte entweder über den Schalter (9) von der Batterie oder über einen weiteren vom Mikroprozessor ge-

steuerten Schalter (11) von der Energiequelle (4), d.h. dem Alternator/Regler, mit Energie versorgt werden. Die Ausgangsspannung der Energiequelle und der Ladungszustand der Batterie bestimmen, welcher davon zu einer gegebenen Zeit die Energie liefert. Die Diode 5 hindert die Batterie an einer Entladung in die Energiequelle, wenn diese abgestellt ist. Wann immer die Batterie einem Testzyklus unterworfen werden soll, wird sie vom Rest des elektrischen Stromkreises unter Verwendung der Schalter 8 und 9 wenige Minuten vor dem Test isoliert. Die Energiequelle liefert während dieses Zeitraumes alle Energie für die Zubehörteile. Während des Tests bleiben die Schalter 9, 10 und 11 geschlossen. Es wird klar sein, daß dem Schaltkreis mehr Elemente hinzugefügt werden können, um zusätzliche Parameter zu messen, beispielsweise ein weiterer Nebenschluß zwischen den Elementen 4 und 11 oder zwischen den Elementen 2 und 8. In ähnlicher Weise können zusätzliche Schalter und Zubehörteile eingebaut werden.

#### Beispiel 1

##### Bestimmung des Innenwiderstandes und der Polarisation einer Autobatterie

Eine Autobatterie von 650 Kaltkurbelampère (CCA) wurde in eine Tenney-Umweltkammer gestellt und einer großen impulsförmigen Stromentladung bei 25°C durch eine von einer Kupferspule gebildete Last ausgesetzt, die der Last eines Startermotors eines Automobiles gleichwertig ist, für das die Batterie empfohlen wird. Der Monitor für den Batteriezustand bestimmte für den Innenwiderstand (IR) und die Polarisation der Batterie bei 25°C, daß sie jeweils 7,4 und 1,6 Milliohm betrügen. Ein ähnlicher Versuch mit der Batterie bei 0°C zeigte vom IR, er betrage 9 mOhm.

#### Beispiel 2

##### Bestimmung des Grenzwertes für IR

Der Monitor bestimmte einen zulässigen oberen Grenzwert für den Innenwiderstand (Grenzwert für IR) der obigen Batterie aus Beispiel 1 unter Benützung der Bemessung für die Kaltkur-



belampère (CCA) und unter Anwendung der Gleichung 4. Dieser Wert betrug bei 25°C 58 Ohm.

### Beispiel 3

#### Bestimmung des unteren Temperaturgrenzwertes

Der Monitor extrapolierte den Grenzwert für den IR-Wert der Batterie und den Ist-Innenwiderstand der Batterie bei 25°C, welche in den Beispielen 1 und 2 gebraucht wurden, auf niedrige Temperaturen und bestimmte den unteren Temperaturgrenzwert für die Startbarkeit des Wagens. Dieser Wert betrug -38,7°C. Ein ähnlicher Versuch mit der Batterie bei 0°C zeigte einen verlässlichen Temperaturgrenzwert von -38,3°C. Dies weist darauf hin, daß der untere Temperaturgrenzwert genau bestimmt werden kann, was immer auch die Umgebungstemperatur sein mag.

### Beispiel 4

#### Testen von Batterien verschiedener Größe

Tests wie in den Beispielen 1, 2 und 3 mit mit 630, 525, 475, 400 und 340 CCA bemessenen Batterien bei 0 und 25°C bestimmten den verlässlichen unteren Temperaturgrenzwert und die Innenwiderstände, wie in Tabelle 1 gezeigt wird.

Tabelle 1. Testen von Autobatterien mit dem Monitor				
CCA	Umgebungs- temperatur	Grenzwert für IR	gemessener IR	verlässlicher Temperaturgrenzwert
(A)	(°C)	(mOhm)	(mOhm)	(°C)
650	25	58	7,4	-38,7
	0		9,0	-38,3
630	25	60	8,1	-37,3
	0		10,0	-35,9
525	25	72	11,4	-32,5
	0		13,7	-32,7
475	25	80	8,6	-42,6
	0		10,1	-42,6
400	25	95	10,7	-41,3
	0		12,7	-41,4
340	25	111	13,1	-44,3

### Beispiel 5

#### Bestimmung des Ladungszustandes

Der Ladungszustand (SOC) der Batterie von Beispiel 1 wurde vom Monitor bei verschiedenen bekannten Werten für den SOC bestimmt. Die Batterie wurde während bekannter Zeitabstände mit einem vorbestimmten Strom entladen. Die Nettoladung, die in die Batterie ging und aus ihr kam, wurde gemessen und wurde zur vorbestimmten Batteriekapazität jeweils dazugezählt oder von ihr abgezogen. Aus diesem Wert wurde der SOC der Batterie errechnet, der sich mit dem vom Monitor festgestellten Werte gut vergleichen ließ.

Eine Autobatterie wurde beinahe vollkommen entladen und ohne Wiederaufladung über einen Tag belassen. Sie wurde dann an den Monitor angeschlossen. Der Monitor stellte den sehr niedrigen Ladungszustand der Batterie fest und zeigte die Notwendigkeit einer vollen Aufladung an. Er zeigte auch an, daß die Batterie sulfatiert war.

Bei Tests mit einer anderen, teilweise entladenen Batterie ( $\text{SOC} < 40\%$ ) wurde vom verlässlichen Temperaturgrenzwert gezeigt, er sei höher als  $35^{\circ}\text{C}$ . Die Umgebungstemperatur der Batterie während des Tests betrug nur  $20^{\circ}\text{C}$ , was bedeutete, daß der Wagen ohne Aufladung nicht gestartet werden konnte. Tatsächlich war die Energieabgabe der Batterie niedriger als die von der Last benötigte Energie bei  $20^{\circ}\text{C}$ .

### Beispiel 6

#### Bewertung der Batteriekapazität

Die Kapazität der Batterie von Beispiel 1 wurde durch einen Testzyklus durch den Monitor bestimmt. Die vom Monitor festgestellte Batteriekapazität ließ sich gut mit den Daten des Batterieherstellers vergleichen. Der Monitor gab den Rat, die Batterie zu wechseln, als er im voll aufgeladenen Zustande die Hälfte der ursprünglichen Kapazität, einen hohen Innenwiderstand (das Zweifache des ursprünglichen Innenwiderstandes

bei 25°C) und einen hohen verlässlichen Temperaturgrenzwert feststellte oder weniger, wenn kein anderes, die Batterie betreffendes Problem festgestellt wurde.

#### Beispiel 7

##### Testen auf Vorliegen nicht aufeinander abgestimmter Zellen

Eine alte Batterie mit bekannten nicht aufeinander abgestimmten Zellen wurde mit dem Monitor für den Batteriezustand verbunden und einem Testzyklus unterworfen. Der Monitor stellte das Vorliegen nicht aufeinander abgestimmter Zellen fest und zeigte eine Warnung an, die darauf hinwies und den Rat gab, die Batterie zu wechseln.

#### Beispiel 8

##### Test der Gasspareigenschaft

Die Autobatterie von Beispiel 1 wurde mit dem Monitor verbunden, und der Startschalter des elektrischen Simulationskreises wurde eingeschaltet. Der Monitor bestimmte während des Startvorganges die Batteriecharakteristiken und lud die Batterie auf 100% SOC auf. Er bestimmte den Zustand der Batterie und der Energiequelle. Der Monitor schaltete die Energiequelle ab, nachdem die Batterie die volle Ladung erreicht hatte. Die Batterie lieferte also den vollen Energiebedarf des Wagens. Sobald der SOC der Batterie auf 80% gefallen war, wurde die Energiequelle wieder eingeschaltet. Somit steuerte der Monitor den SOC der Batterie zwischen 80 und 100%, indem er die Energiequelle ein- und ausschaltete.

#### Beispiel 9

##### Niedrige Elektrolytspiegel

Eine voll aufgeladene Autobatterie mit ihrem Elektrolytspiegel auf der Marke "voll" wurde mit dem Monitor auf ihre Eigenschaften hin getestet. Ein Teil des Elektrolyten wurde aus der Batterie abgezogen, bis der Elektrolytspiegel sich gerade

an der Oberseite der Elektrodenplatten befand. Die Batterie wurde erneut mit dem Monitor getestet. Dies wurde bei einem Elektrolytspiegel von  $3/4$ ,  $1/2$  und  $1/4$  der Höhe der Platten wiederholt. Der Innenwiderstand, die Polarisierung und der verlässliche untere Temperaturgrenzwert wurden in jedem dieser Tests ermittelt, und sie werden in Tabelle 2 wiedergegeben.

Tabelle 2. Batteriecharakteristika in Funktion ihres Elektrolytspiegels

Elektrolyt- spiegel	Innen- widerstand	Polarisation (Gleichung 2)	verlässlicher Temperaturgrenzwert
voll	9,05 mOhm	1,30 mOhm	-32,4°C
Platten- oberseite	9,42	1,31	-33,0
3/4 Platte	9,80	2,13	-31,8
1/2 Platte	12,91	2,68	-24
1/4 Platte	24,17	2,94	-5,9

Bei Elektrolytspiegeln unterhalb der Oberseite der Platten wurden höhere Werte für den Innenwiderstand, die Polarisierung und den verlässlichen Temperaturgrenzwert beobachtet. Wann also immer der Monitor hohe Werte für diese Parameter, gekoppelt mit einem guten Ladungszustand und guter Kapazität feststellt, gibt der Monitor den Rat, Wasser nachzufüllen.

#### Beispiel 10

##### Korrodierte Anschlußklemmen

Die positive Anschlußklemme einer voll aufgeladenen Autobatterie wurde mit einer Bürste mit einer dünnen Schicht Bleisulfat in verdünnter Schwefelsäure beschichtet und trocknen gelassen. Sodann wurde sie, wie üblich, an den Monitor und den in Figur 3 gezeigten Simulationskreis angeschlossen. Der Innenwiderstand, die Polarisierung und der verlässliche untere Temperaturgrenzwert während des Tests im guten und im korrodierten Klemmenzustand werden in Tabelle 3 gezeigt.

Tabelle 3. Charakteristika einer Autobatterie mit korrodierten Anschlußklemmen

Klemmen-zustand	Innen-widerstand	Polarisation (Gleichung 3)	verlässlicher Temperaturgrenzwert
Normal	8,80 mOhm	1,36 mOhm	-35,3°C
korrodiert	16,46	0,48	-18,9

Wenn der Monitor einen hohen Innenwiderstand, aber keine bedeutende Polarisation sowie normale Werte für die Kapazität und den Ladungszustand feststellte, so gab er den Rat, die Anschlußklemme zu reinigen.

#### Beispiel 11

##### Test einer 630-CCA-Batterie bei verschiedenen Temperaturen

Eine SLI-Batterie von 630 CCA der für einen Wagen Oldsmobile Firenze mit einem 2 Liter-Motor empfohlenen Größe wurde an den Monitor für den Batteriezustand angeschlossen und bei verschiedenen Umgebungstemperaturen in einer Tenney-Umweltkammer getestet. Der den Anforderungen an die Startenergie des Wagens entsprechende zulässige IR-Grenzwert wurde demgemäß vom Monitor berechnet. Die vom Monitor angegebenen unteren Temperaturgrenzwerte werden in Tabelle 4 gezeigt.

Tabelle 4. Testergebnisse einer 630-CCA-Batterie für einen 2 Liter-Motor eines Oldsmobile Firenze

IR-Grenzwert	Test-temperatur	vorhergesagte Temperatur
60 mOhm	25 C	-36,9 C
	10	-36,6
	0	-36,0
	- 5	-34,5
	-13	-35,2
	-25	-33,0
30	-25	-18,5
	10	-18,0
	0	-17,2
	- 5	-16,0
	-13	-17,1
	-25	-15,3

Sie sind unabhängig von der Batterietemperatur widerspruchsfrei. Für die Zwecke des Testens des Monitors wurde eine zweite Reihe von Tests unter der Annahme ausgeführt, daß die Energieerfordernisse des Wagens das Zweifache des normalen Wertes betrügen. (Dies spiegelt sich im zulässigen Grenzwert für den IR in Tabelle 4 wieder, d.h. der Hälfte des ursprünglichen Wertes.) Wie erwartet wurde wiederum ein höherer, aber widerspruchsfreier, Wert für den verlässlichen unteren Temperaturgrenzwert für alle Umgebungstemperaturen beobachtet.

### Beispiel 12

Test einer 525-CCA-Batterie bei verschiedenen Temperaturen

Ähnliche Testergebnisse mit einer für einen Wagen Cutlass Ciera mit einem 2,8-Liter-Motor empfohlenen 525-CCA-Batterie werden in Tabelle 5 gezeigt.

Tabelle 5. Testergebnisse einer 525-CCA-Batterie für einen Cutlass Ciera - 2,8-Liter-Motor

IR-Grenzwert	Test-temperatur	vorhergesagte Temperatur
72 mOhm	25 C	-32,5 C
	10	-32,6
	0	-32,7
	- 5	-31,4
	-13	-32,9
	-25	-30,2
36	25	-13,8
	10	-13,5
	0	-14,2
	- 5	-12,3
	-13	-14,5
	-25	-11,6

Der Monitor testete die Batteriecharakteristiken, wie zuvor erörtert wurde, und arbeitete erfolgreich. Die Ergebnisse sind den Resultaten des Beispiels 11 ähnlich.

## PATENTANSPRÜCHE:

1. Monitorvorrichtung für den Batteriezustand zum Liefern eines Status und eines Rates betreffend eine Speicherbatterie (1; 108) in einem Motorfahrzeug, mit:

- (a) einer am Fahrzeug angeordneten Mikroprozessor-Einrichtung (100) zum Steuern der Vorgänge der Vorrichtung;
- (b) Software zum Instruieren der Mikroprozessor-Einrichtung, die Abfolge von Vorgängen zu steuern; und
- (c) mit der Mikroprozessor-Einrichtung verbundene Speichereinrichtungen, um die Instruktionen der Software und die vorbestimmten Verhältnisse zwischen den Innenwiderständen der Batterie, den tolerierbaren Grenzwert des Innenwiderstandes und die Umgebungstemperatur der Batterie zu speichern;
- (d) eine mit der Mikroprozessor-Einrichtung verbundene Digital/Analog-Wandlereinrichtung (102), um die Digitalsignale (104) aus der Mikroprozessor-Einrichtung in Analogsignale umzuwandeln;
- (e) eine an die Digital/Analog-Wandlereinrichtung (102) angeschlossene Generatoreinrichtung (106) für Gleichstromenergie, um elektrische Energie mit der von der Mikroprozessor-Einrichtung benötigten Spannung und Stromstärke zu erzeugen;
- (f) eine mit einem Anschluß der Batterie (1; 108) verbundene Stromsensoreinrichtung (6; 110) zum Messen des in die und aus der Batterie gehenden Stromes;
- (g) eine nahe der Batterie angeordnete Temperatursensoreinrichtung zum Messen der Umgebungstemperatur der Batterie;
- (h) eine Spannungsmeßeinrichtung (112) zum Messen der Spannungen der Batterie, am Stromsensor, Temperatursensor und an der Generatoreinrichtung für die Gleichstromenergie;
- (i) ein mit dem Spannungsmesser verbundener Analog/Digital-Wandler (122) zum Umwandeln der Analogsignale von den Spannungsmessungen in Digitalsignale (124), die für die Übertragung an den Mikroprozessor bestimmt sind;
- (j) eine Betätigungseinrichtung (8,9,10,11) zum Steuern der elektrischen, die Sensoren verbindenden Kreise, der Generatoreinrichtung für die Gleichstromenergie und der Batterie; und

(k) eine vom Mikroprozessor gesteuerte Anzeigeeinrichtung zum Anzeigen des Zustandes der Batterie und eines Ratschlages; gekennzeichnet durch:

(1) eine zweite Software zum Analysieren des Stromes, der Spannungen und der Temperatur und zum Bestimmen des Innenwiderstandes ( $IR$ ) und des Polarisationswiderstandes ( $P_R$ ) der Batterie, zum Bestimmen des Ladungszustandes der Batterie in Funktion der Leerlaufspannung ( $OCV$ ) unter Ausschluß von Polarisierungseffekten, zum Feststellen möglicher korrodierter Anschlüsse aus dem festgestellten Ladungszustande und dem Innenwiderstand ( $IR$ ), der gemäß der Beziehung

$$IR = (OCV - V_S) / I_S \quad (2)$$

berechnet wird, worin  $OCV$  die Leerlaufspannung ist,  $V_S$  die erste gemessene Spannung ist und  $I_S$  der ursprüngliche Strom ist, und zum Ermitteln möglicher niedriger Elektrolytspiegel in Funktion des Polarisationswiderstandes ( $PR$ ), der gemäß der Beziehung

$$P_R = (V_S - V_1) / I_S \quad (3)$$

berechnet wird, worin  $V_1$  die letzte Spannungsablesung während des Startvorganges ist, und dem Ladungszustande, wodurch der Innenwiderstand der Batterie aus der momentanen Veränderung der Spannung am Beginn bzw. am Ende einer Stromzufuhr in oder einer Stromabfuhr aus der Batterie festgestellt wird, welche momentane Veränderung der Spannung durch das Einschalten oder Ausschalten des Ladungsstromes zur bzw. des Entladungsstromes aus der Batterie verursacht wird, und wobei der Polarisationswiderstand der Batterie aus der Veränderung der Spannung während eines vorbestimmten Zeitintervalles bestimmt wird, der der Veränderung der Spannung unmittelbar folgt, und zum Bestimmen eines Startgrenzwertes bei niedriger Temperatur durch Vergleich der in Funktion des errechneten Innenwiderstandes bestimmten Fähigkeit der Batterie zur Energieabgabe mit den vorherrschenden Energieanforderungen des Komponentensystems des Fahrzeuges, einschließlich des Startsystems, wobei die Temperatur des Systems berücksichtigt wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Speicherbatterie eine wiederaufladbare Blei-Säure-Batterie ist und die Ge-



neratoreinrichtung für die Gleichstromenergie eine Einrichtung mit einem Alternator, einem Gleichrichter und einem Regler ist.

3. Verfahren zum Überwachen der Speicherbatterie eines Fahrzeuges, welches die folgenden Schritte des Betriebes der Vorrichtung nach Anspruch 1 umfaßt:

(a) fortlaufendes Messen der Umgebungstemperatur, der Batteriespannung, der Ausgangsspannung einer mit der Batterie verbundenen Energiequelle und des Stromes zur und aus der Batterie;

(b) Analysieren der Daten von Strom und Spannung ( $I-V$ ), um den Innenwiderstand ( $IR$ ) und den Polarisationswiderstand ( $P_R$ ) der Batterie festzustellen, wodurch der Innenwiderstand der Batterie aus der momentanen Veränderung der Spannung am Beginn bzw. am Ende einer Stromzufuhr in oder einer Stromabfuhr aus der Batterie festgestellt wird, welche momentane Veränderung der Spannung durch das Einschalten oder Ausschalten des Ladungsstromes zur bzw. des Entladungsstromes aus der Batterie verursacht wird, wobei der Polarisationswiderstand der Batterie aus der Veränderung der Spannung während eines vorbestimmten Zeitintervalles bestimmt wird, der der Veränderung der Spannung unmittelbar folgt;

(c) Bestimmen des Ladungszustandes der Batterie in Funktion der Leerlaufspannung ( $OCV$ ) unter Ausschluß von Polarisierungseffekten, Feststellen möglicher korrodierter Anschlüsse in Funktion des festgestellten Ladungszustandes und des Innenwiderstandes aus der in Anspruch 1 dargestellten Beziehung (2), und Feststellen möglicher niedriger Elektrolytspiegel in Funktion des Polarisationswiderstandes aus der in Anspruch 1 dargestellten Beziehung (3) und dem Ladungszustand;

(d) Bestimmen eines Startgrenzwertes bei niedriger Temperatur durch Vergleich der in Funktion des ermittelten Innenwiderstandes bestimmten Fähigkeit der Batterie zur Energieabgabe mit den vorherrschenden Energieanforderungen des Komponentensystems des Fahrzeuges, einschließlich des Startsystems und unter Berücksichtigung der Temperatur des Systems; und

(e) Anzeigen der durch den Vergleich erzeugten Daten.

4. Verfahren nach Anspruch 3, welches ferner die Ermittlung der Energieerfordernisse für den Start des Motors bei verschiedenen Temperaturen durch Extrapolieren der bei irgendeiner Temperatur vom Motor gebrauchten Ist-Energie unter Anwendung einer vorbestimmten mathematischen Funktion oder graphischer Daten umfaßt, die mit der Fähigkeit der Batterie zur Energieabgabe bei verschiedenen Temperaturen in Beziehung stehen.

5. Verfahren nach Anspruch 4, welches ferner die folgenden Schritte umfaßt:

(a) Unterwerfen der Batterie unter einen speziellen Testzyklus, bei dem der Batterie vom Ladesystem ein vorbestimmtes Profil des Stromes oder der Spannung aufgeprägt und die Ansprechspannung bzw. der Ansprechstrom der Batterie gemessen wird;

(b) Auswerten der Daten in Form von  $dV/dI$  über  $I$  oder  $dI/dV$  über  $V$ ;

(c) Bestimmen der Batterieeigenschaften einschließlich der Kapazität und der Spannung als Funktion der durch den Schritt (a) gelieferten Strom- und Spannungsdaten;

(d) Feststellen der Batteriedefekte, einschließlich einer Nichtübereinstimmung der Zellen in Funktion der entsprechenden Werte von Strom bzw. Spannung, bei dem bzw. der die Batterie beginnt, während des Tests von Schritt (a) Gas zu entwickeln, sowie weichgeschlossene Zellen oder sulfatierte Zellen jeweils in Funktion des aufgeprägten Stromes; und

(e) Anzeigen der Daten und des Ratschlages.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem das Ende der nützlichen Lebensdauer der Batterie durch das Vorliegen nicht aufeinander abgestimmter Zellen oder weichgeschlossener Zellen angezeigt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem der Ladungszustand aus dem Strom bestimmt wird, bei dem das Gas in Abwärtsrichtung der Rampe aufhört, sich zu entwickeln.

8. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem die Kapazität der Batterie aus dem Strom bestimmt wird, bei dem die Batterie beginnt, in Aufwärtsrichtung der Rampe in der Batterie Gas zu entwickeln.

1/8

Fig. 1

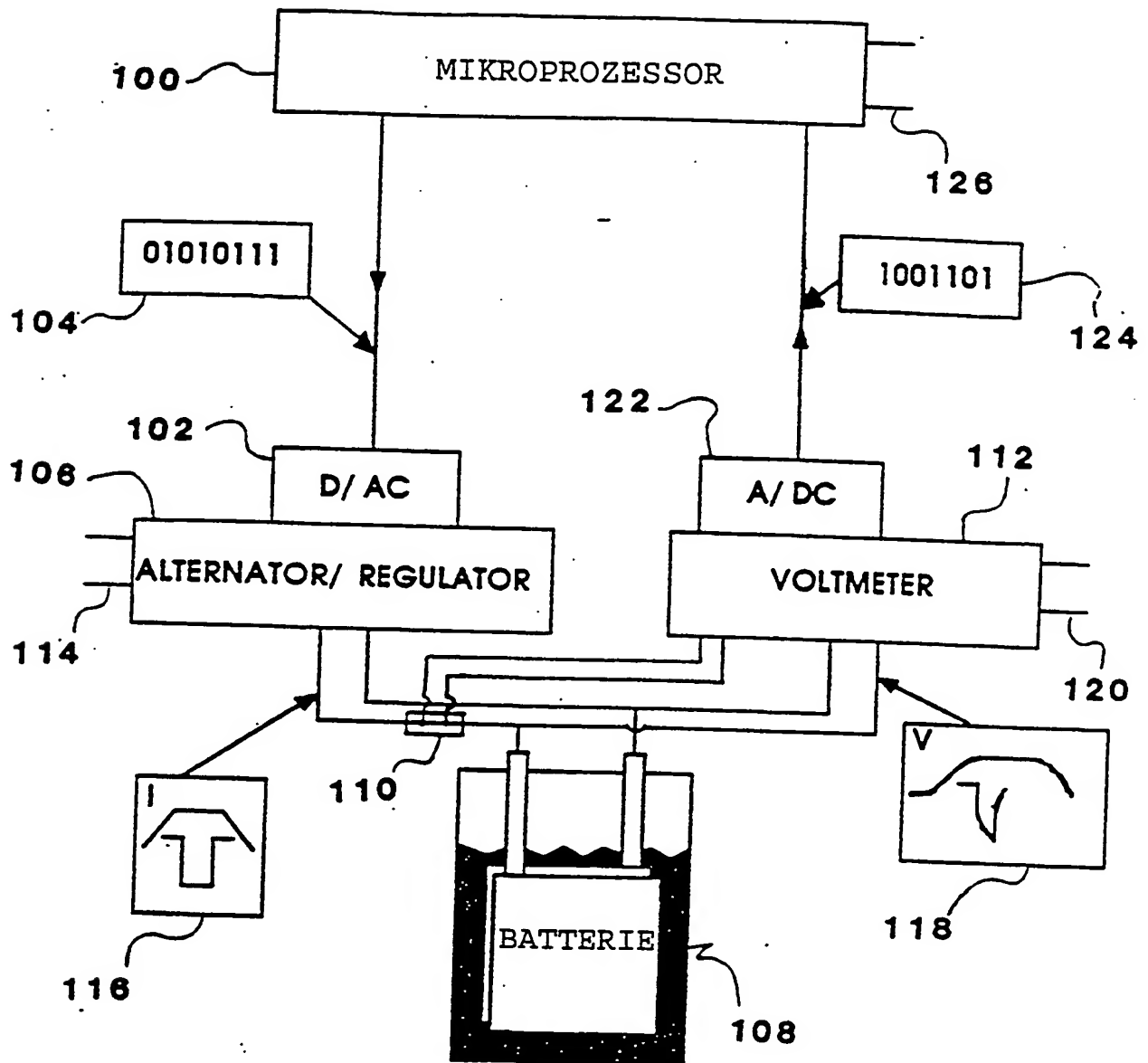
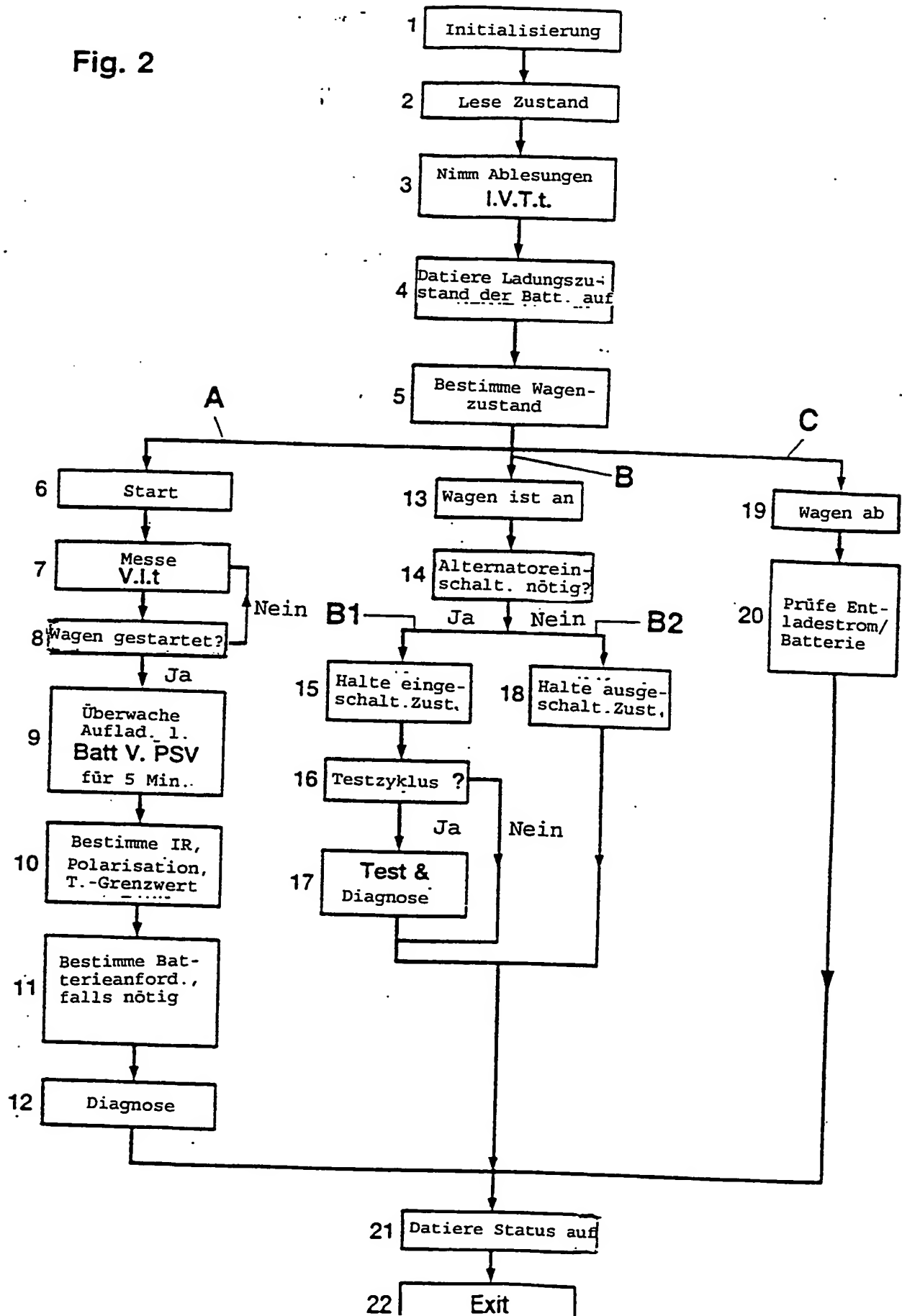


Fig. 2



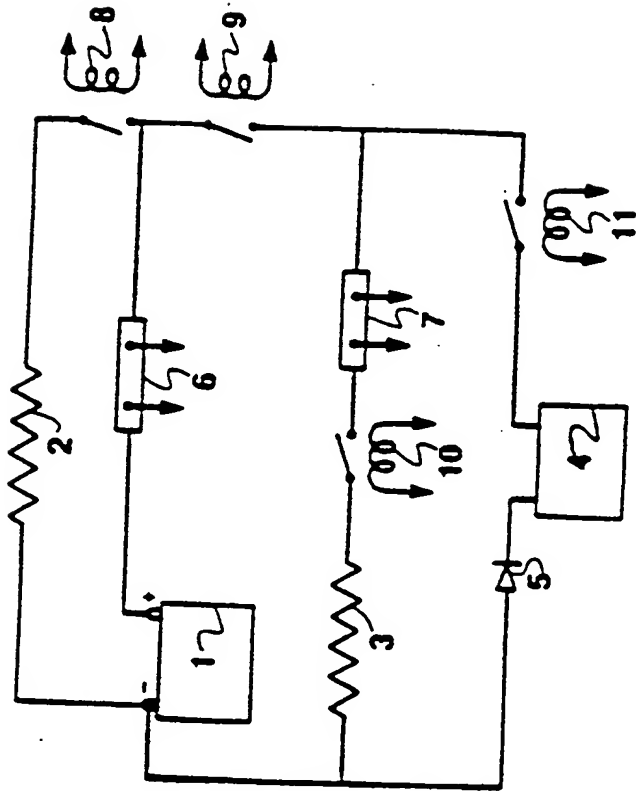


Fig. 3

Fig.4

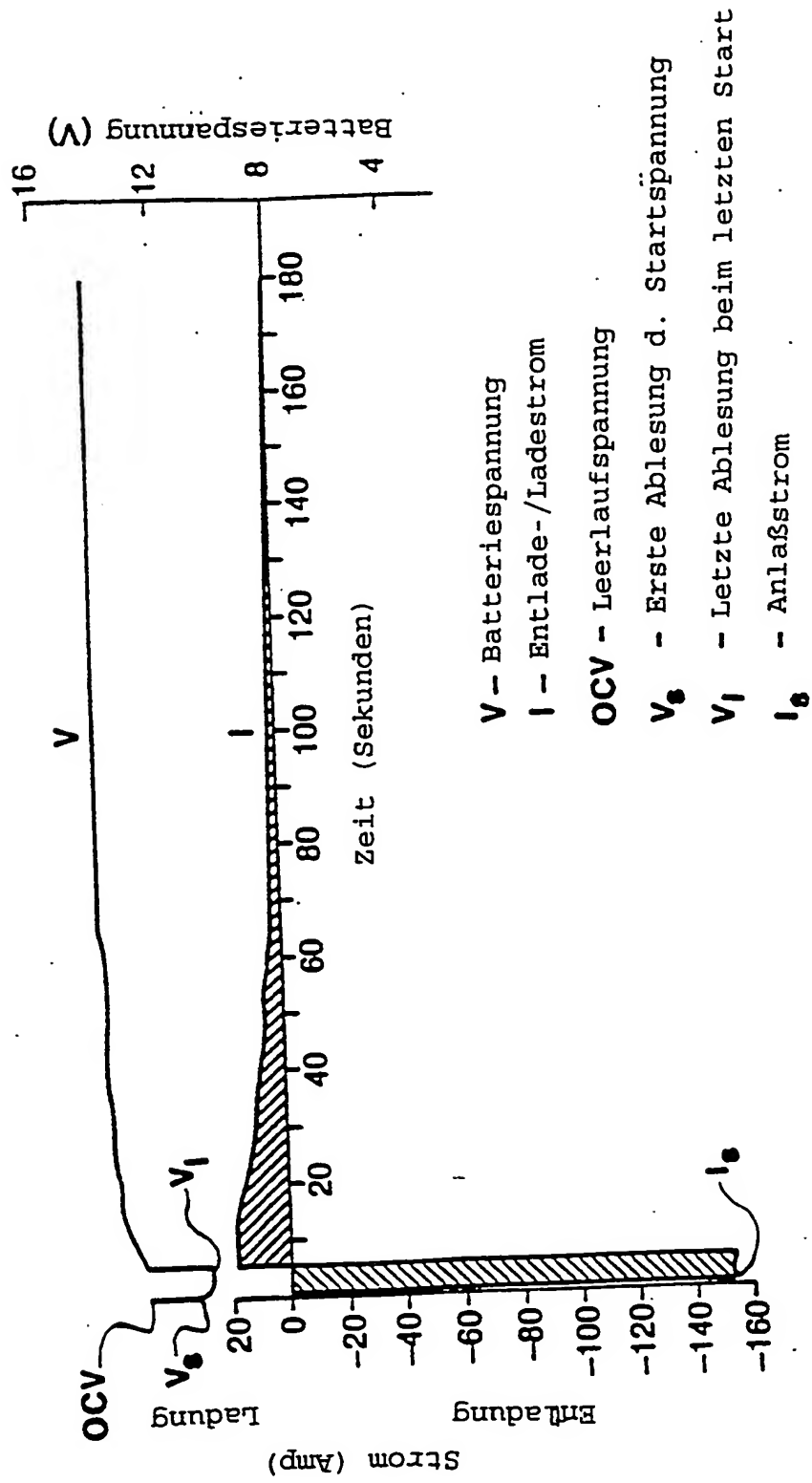
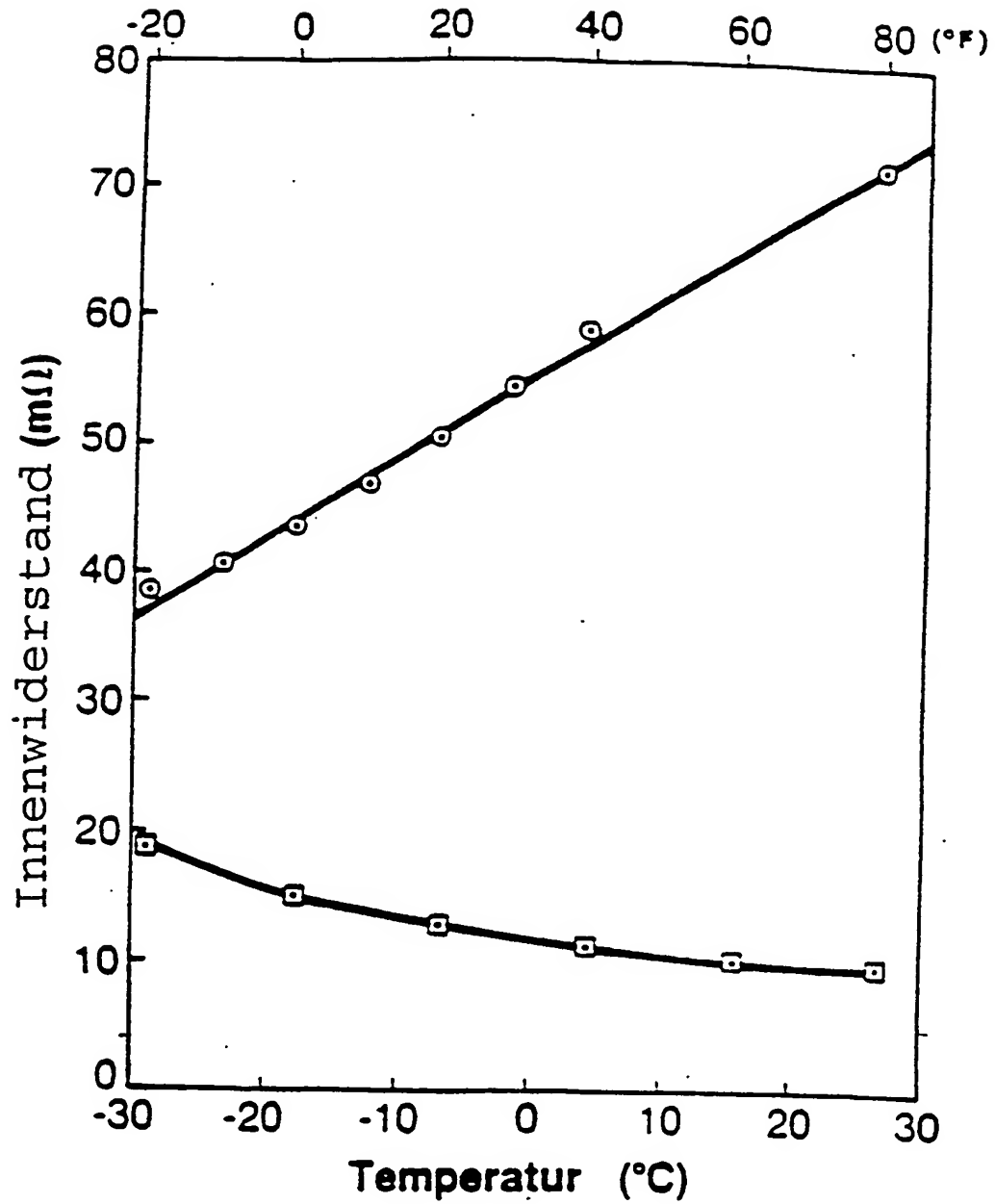


Fig. 5



525 CCA Batterie

⊙ Grenzwert IR

□ Ist-IR

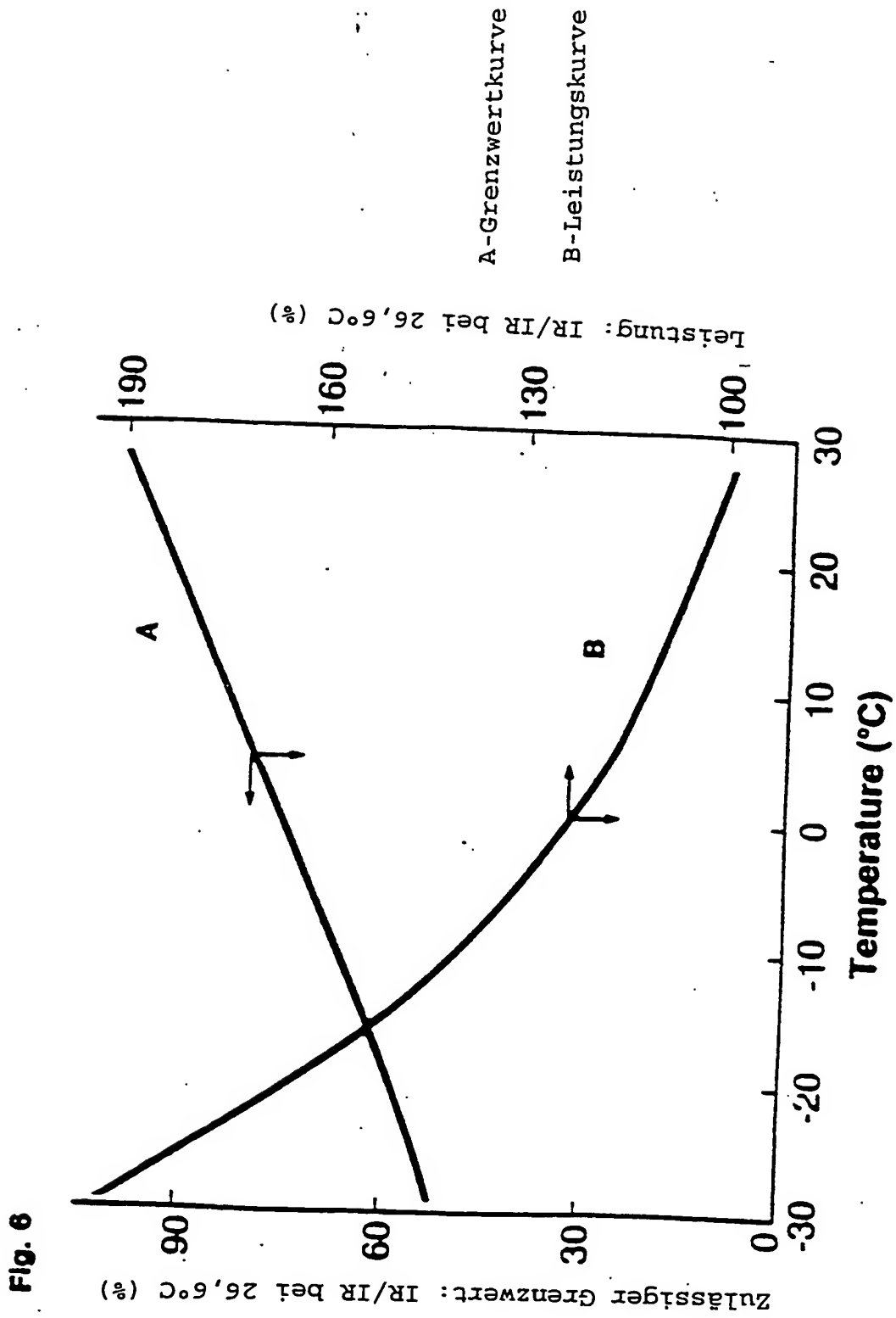




Fig. 7a

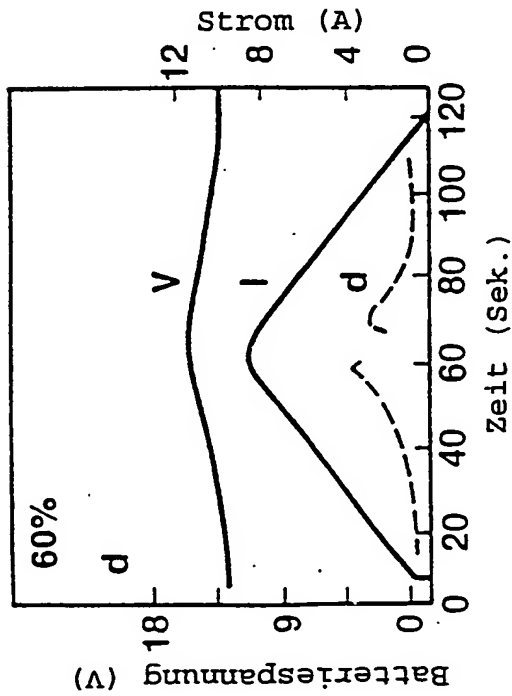


Fig. 7b

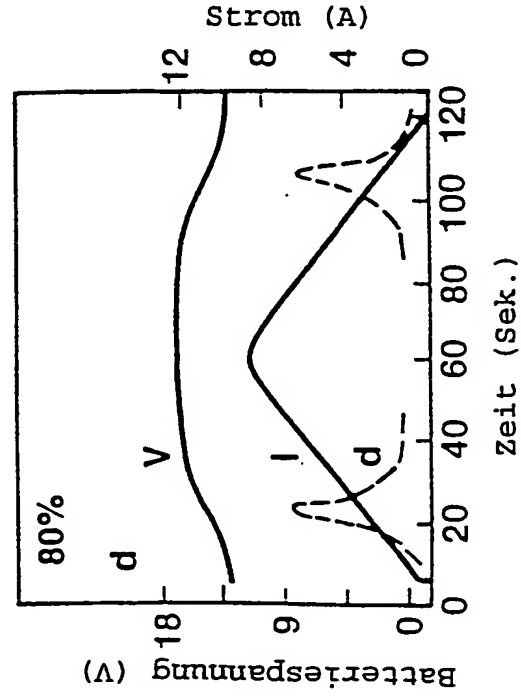
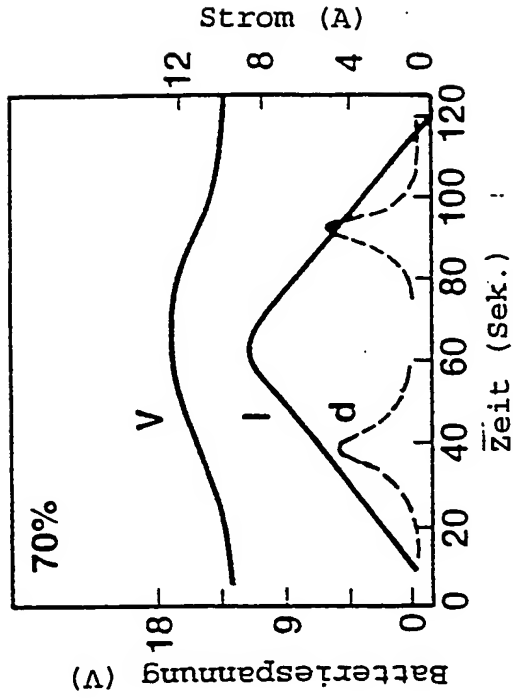


Fig. 7c

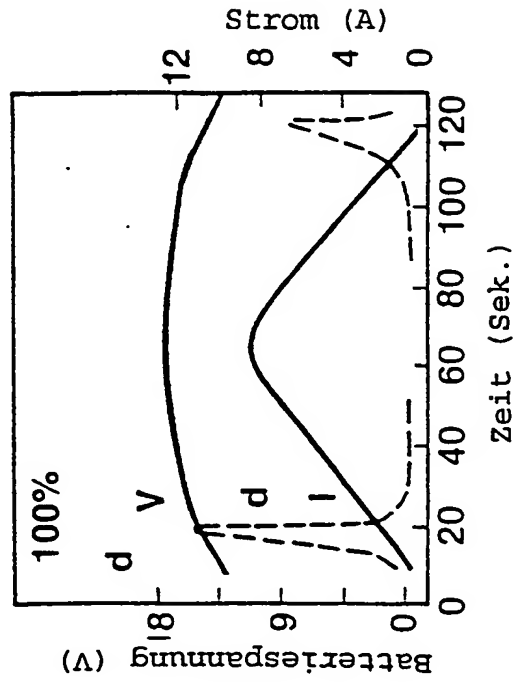


Fig. 7d

V - Ansprechspannung  
 I - angelegter Strom  
 d - Neigung (dv/dt) von V  
 Batteriedetails:  
 20 Ah Kapazität  
 6 Zellen (geflutet)  
 Einzelheiten der Rampe:  
 Anstieg - 60 Sek.  
 Halten - 5 Sek.  
 Abstieg - 60 Sek.

Fig. 8

